台灣昆蟲 31: 351-366 (2011)
Formosan Entomol. 31: 351-366 (2011)

應用燈光誘引器監測進口糙米倉內之害蟲消長

姚美吉[1]、李啓陽[1]、邱相文[2]、楊恩誠[3]、路光暉[4*]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組　41362 台中縣霧峰鄉中正路 189 號
[2] 行政院農業委員會農業試驗所農業工程組　41362 台中縣霧峰鄉中正路 189 號
[3] 國立台灣大學昆蟲學系　10617 台北市羅斯福路四段 1 號
[4] 國立中興大學昆蟲學系　40227 台中市國光路 250 號

摘　要

部分積穀害蟲善飛及具趨光特性，利用燈光可達極佳的誘引效果。為瞭解長期應用燈光誘引器作為進口糙米之害蟲監測工具可行性，本研究選擇分別貯藏於林內、莿桐、六甲及仁武等四處倉庫之美國進口同批號糙米，長期監測燈光誘引器對害蟲誘集效果及袋內之害蟲發生數量變化。以燈光誘引器在林內、莿桐、六甲等三個常溫倉實際捕獲之初級及次級害蟲相極為相似，初級害蟲以麥蛾 (*Sitotroga cerealella*)、粉斑螟蛾 (*Cadra cautella*) 及穀蠹 (*Rhyzopertha dominica*) 為主；次級害蟲以角胸粉扁蟲 (*Cryptolestes pusillus*)、背圓粉扁蟲 (*Ahasverus advena*) 與茶蛀蟲 (*Liposcelis divinatorius*) 為主。仁武倉為控制於 15～18℃ 之低溫倉，害蟲誘引數遠低於常溫倉。袋內直接取樣之害蟲數量顯示，3 處常溫倉初級害蟲均以米象 (*Sitophilus oryzae*) 為主，與燈光誘引器所誘得之蟲相差異極大，而次級害蟲則與燈光誘引器所誘得之蟲相較一致。本研究結果顯示，燈光誘引器在進口糙米倉之害蟲監測應用上，對初級害蟲穀蠹、麥蛾、粉斑螟蛾及次級害蟲角胸粉扁蟲、背圓粉扁蟲、茶蛀蟲等有較佳誘引效果，遠勝於對米象之誘引。未來燈光誘引器極適合推薦於大部分積穀害蟲消長之監測。

關鍵詞：積穀害蟲、進口糙米、燈光誘引器、米象、粉斑螟蛾。

前　言

我國自 2002 年起開始從國外進口糙米，每年約 10 萬噸貯藏於政府倉庫或委託倉庫，且貯藏期常超過 1 年以上。貯藏期間之害蟲調查顯示，約經 3 個月貯藏即開始出現

*論文聯繫人
Corresponding email: khlu@dragon.nchu.edu.tw

害蟲為害 (Yao *et al.*, 2009a)；其害蟲來源，可能為進口時所夾帶或貯藏環境其他貯穀所隱藏之害蟲。以往調查結果顯示，進口糙米貯藏 6 個月後，害蟲即普遍大量發生，而 1 年後，就必須進行燻蒸防治。

進口糙米之害蟲調查顯示，主要害蟲發生種類為米象 (*Sitophilus oryzae* L.)、擬穀盜 (*Tribolium castaneum* (Herbst))、背圓粉扁蟲 (*Ahasverus advena* (Waltl))、角胸粉扁蟲 (*Cryptolestes pusillus* Stephens)、粉斑螟蛾 (*Cadra cautella* Walker)、茶蛀蟲 (*Liposcelis divinatorius* Muller) 及腐食酪蟎 (*Tyrophagus putrescentiae* (Schrank))。其中粉斑螟蛾、背圓粉扁蟲、角胸粉扁蟲均具善飛與趨光特性，以燈光誘引器進行誘引均有極佳效果 (Yao *et al.*, 2009b)。

本試驗為了解應用燈光誘引器作為進口糙米害蟲監測工具之可行性，以評估糙米在貯藏期間害蟲發生消長原因，分別將燈光誘引器放置於 4 處不同貯藏環境下之相同來源與進口時間之糙米，定期調查與分析其袋內之害蟲發生狀況。此外，本試驗進一步探討燈光誘引器對實際初級及次級害蟲誘蟲效果，以提供糧倉管理者在進口糙米貯藏期間擬定害蟲防治時機之參考。

材料與方法

供試進口糙米倉庫及糙米

本研究共調查四座進口糙米貯藏倉庫，糙米均自美國進口，入倉時間亦相近 (約在 2006 年 1 月 12 至 16 日間)。貯藏倉庫面積均約 331 m^2 (約 100 坪)，倉庫類型分別如下：

(一) 常溫進口糙米貯藏倉庫共三座，其地點及貯藏狀況分別如下：

1. 雲林縣莿桐鄉農會 2、4 號倉 (Cihtong no. 2, 4)：2 號倉為磚造內含木襯舊式平倉，4 號倉為鋼筋水泥平倉。
2. 雲林縣林內鄉農會倉庫 7、8 號倉 (Linnei no. 7, 8)：屬鋼筋水泥平倉。
3. 台南縣六甲鄉農會倉庫 3、4 號倉 (Lioujia no. 3, 4)：屬鋼筋水泥集中型穀倉，為常溫倉。

(二) 低溫進口糙米貯藏倉庫共一座：

1. 高雄縣農糧署仁武政府倉 2、3-1 號倉 (Renwu no. 2, 3-1)：屬鋼筋水泥平倉，其溫度控制於 15～18℃。

以燈光誘引方式調查進口糙米貯藏期之害蟲種類及密度

在莿桐 2 號倉、林內 7 號倉、六甲 4 號倉及仁武 3-1 號倉，分別各架設 4 具燈光誘引器，4 個角落各吊掛一具。另於莿桐 4 號倉、林內 8 號倉、六甲 3 號倉及仁武 2 號倉則無架設燈具倉庫為對照組。採用之燈光誘引器 (聖力儀器公司，台中市大里區) 裝有 FL10BL 捕蟲燈管 1 支，燈管主要波長為 320～380 nm；其下方接電力吸風扇 (直徑 28 cm)，風扇下方則套接雪紡紗車製之集蟲網袋 (網目 < 1.2 mm)，吊掛高度約離地 180 cm，約為糙米堆疊一半高度。自 2006 年 4 月起，每 2 週將舊網袋取下，更換成新網袋，再將舊網袋帶回室內分析其內之害蟲。因誘引蟲數過多，故將袋內蟲體取出，先置於 50℃ 烤箱中，烘烤 24 小時後，取出排除雜物後秤重，並隨機取出其中 0.1 g，檢查與記錄其中之害蟲種類及數量，再以原袋內蟲體總重量換算誘得總蟲數，共 3 重複。

進口糙米袋內害蟲種類及密度之取樣調查

於進口糙米貯藏 3 個月後，每 2 週到蒜桐等 4 處倉庫，於倉庫太空包袋最上層，打開封口以分格式取樣管 (Seedburo, Des Plaines, IL, USA) 進行隨機取樣進口糙米 1 公斤，放入塑膠樣本袋；攜回室內，先利用不同網目篩網處理，將糙米中之害蟲與糙米或粉末區隔，再檢查其內之積穀害蟲種類及蟲數。調查共進行 3 重複。

貯藏倉庫溫濕度之調查記錄

分別在莿桐 2 號倉、林內 7 號倉、六甲 4 號倉及仁武 3-1 號倉之庫體中央上層糙米太空包，於袋口深約 20 cm 處埋入 1 個 Optic StowAway 溫濕度偵測器 (Onset, Pocasset, MA, USA)，每 1 小時記錄 1 筆數據。自 2006 年 4 月至 12 月底，持續調查袋內溫濕度之變化，以瞭解常溫倉及低溫倉貯藏環境之差異。

統計分析

以燈光誘引方式或袋內取樣之各種害蟲種類數量間之差異性，係以最小顯著差異法 (Fisher's Least Significant Difference, LSD) 進行統計分析，顯著水準為 5%。

結　　果

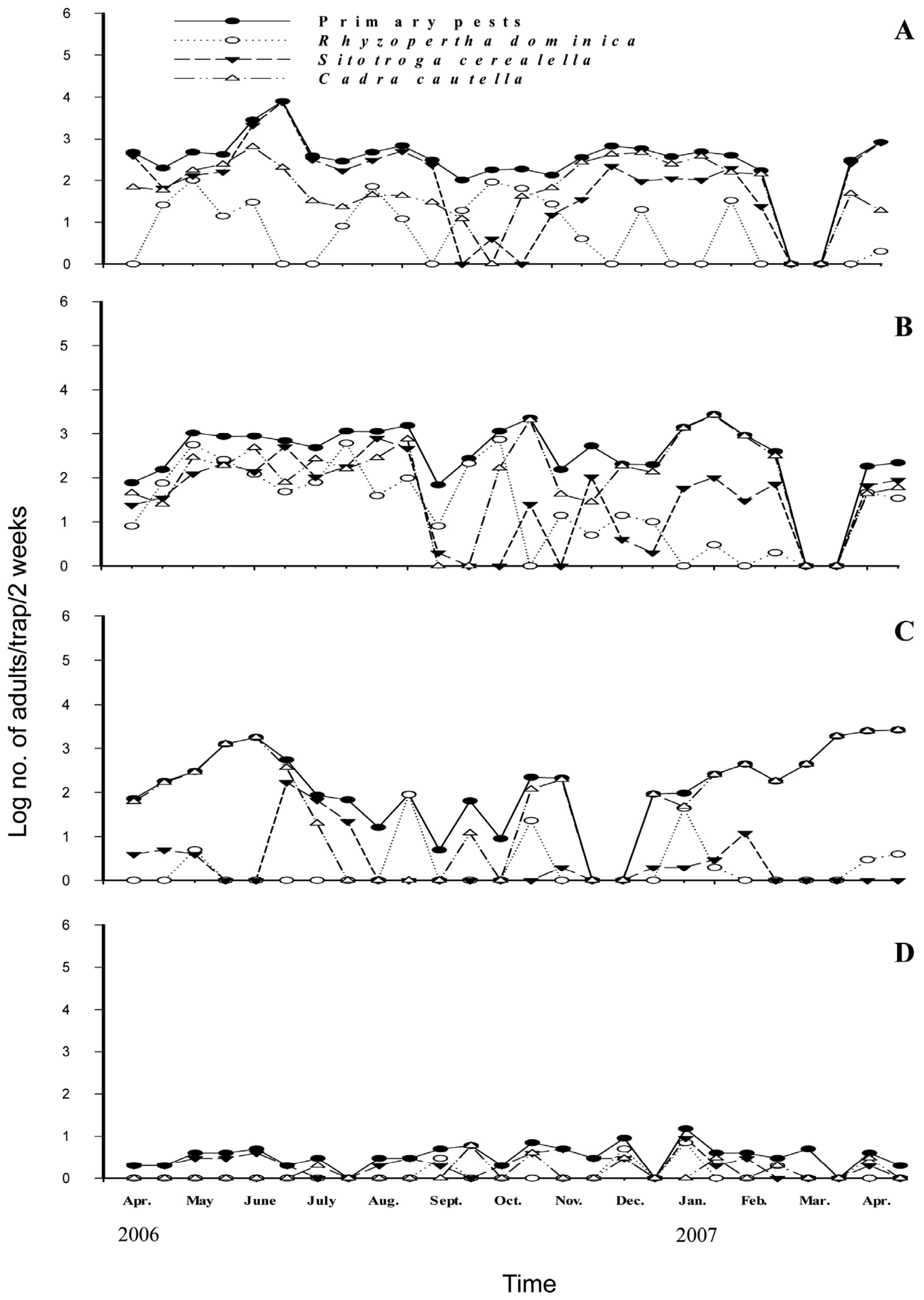
進口糙米倉以燈光誘引之害蟲消長

莿桐等 4 倉進口糙米倉之害蟲消長，均於糙米進倉後 3 個月開始進行燈光誘引調查倉內害蟲相及發生量。所調查到之害蟲依害蟲危害習性之發生先後及重要性，區分為初級害蟲及次級害蟲，其中初級害蟲包含米象、擬穀盜、粉斑螟蛾、穀蠹 (*Rhyzopertha dominica* (Fabricius))、麥蛾 (*Sitotroga cerealella* Olivier) 及外米綴蛾 (*Corcyra cephalonica* (Stainton))；次級害蟲則包含背圓粉扁蟲、角胸粉扁蟲、茶蛀蟲、腐食酪蟎、鋸胸粉扁蟲 (*Oryzaephilus surinamensis* L.)、褐蕈甲蟲 (*Cryptophilus integer* (Heer))、米露尾蟲 (*Carpophilus dimidiatus* Fabricius)、縮頸姬薪蟲 (*Corticaria constricta* (Gyllenhal)) 等。

莿桐等 4 倉進口糙米倉以燈光誘引之初級及次級害蟲誘引量顯示如圖一及圖二。由害蟲發生顯示自 2006 年 1 月中旬進倉後，貯藏 4 個月後害蟲逐漸發生，在莿桐倉庫架設燈具之 2 號倉初級害蟲於當年 6 月 (貯藏 5 個月後) 出現最高峰，每誘蟲器兩周之誘蟲數達 1,965 隻，隨後有逐步下降趨勢，到隔年 2 月因燻蒸處理，隔月蟲數歸零降到最低，但一個月後蟲數即逐漸回升 (圖一 A)；而次級害蟲則於當年 5 月 (貯藏 4 個月後) 數量逐漸增加，於當年 10 月達到最高峰，誘蟲數達 20,847 隻，隨後蟲數逐漸降低，隔年 2 月亦因燻蒸降至最低 (圖二 A)。

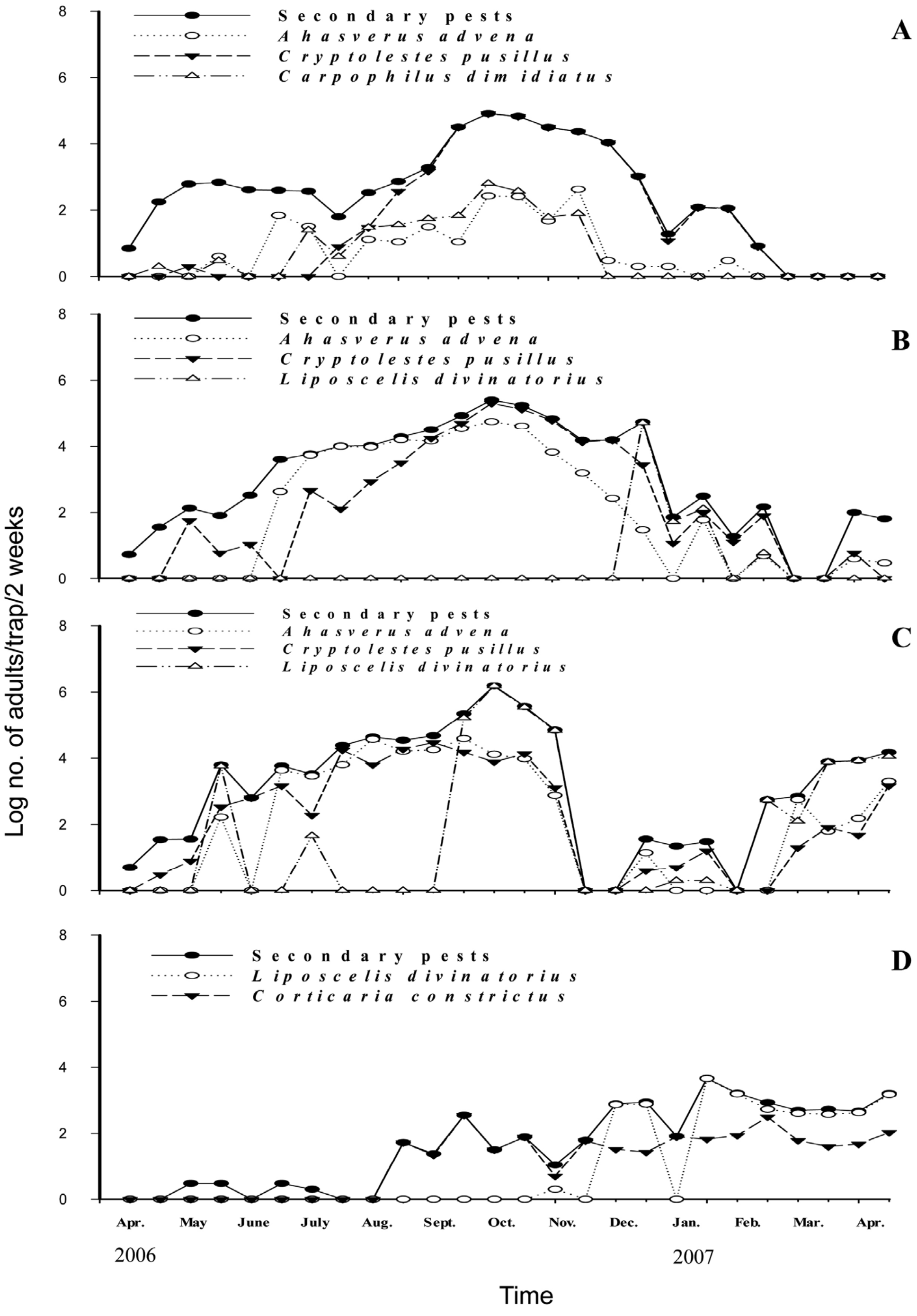
在林內倉庫架設燈具之 7 號倉，初級害蟲亦在當年 5 月 (貯藏 4 個月後) 逐漸增加，但蟲數呈現小幅波動，最高峰在隔年 1 月下旬，誘蟲數達 687 隻，到隔年 2 月燻蒸處理後蟲數，隔月調查蟲數歸零，但一個月後蟲數亦逐漸增加 (圖一 B)；次級害蟲則於當年 6 月 (貯藏 5 個月後) 數量逐漸增加，亦於當年 10 月達到最高峰，誘蟲數達 64,470 隻，隨後蟲數逐漸降低，隔年 2 月亦因燻蒸降至最低 (圖二 B)。

六甲倉庫架設燈具之 4 號倉，初級害蟲在當年 5 月 (貯藏 4 個月後) 逐漸增加，最高峰在當年 6 月上旬，誘蟲數達 441 隻，在當年 9 月因燻蒸處理後，隔月蟲數歸零，但一個月後蟲數同樣逐步增加，隔年 4 月又達



圖一　以燈光誘引器調查四處進口糙米倉內初級害蟲之密度消長。(A) 莿桐鄉農會；(B) 林內鄉農會；(C) 六甲鄉農會；(D) 仁武政府倉。

Fig. 1. Fluctuation of the population density of primary stored-product pests surveyed using light traps in four imported brown-rice storehouses. (A) Cihtong; (B) Linnei; (C) Lioujia; (D) Renwu.



圖二　以燈光誘引器調查四處進口糙米倉內次級害蟲之密度消長。(A) 莿桐鄉農會；(B) 林內鄉農會；(C) 六甲鄉農會；(D) 仁武政府倉。

Fig. 2. Fluctuation of the population density of secondary stored-product pests surveyed using light traps in four imported brown-rice storehouses. (A) Cihtong; (B) Linnei; (C) Lioujia; (D) Renwu.

表一　以燈光誘引器調查進口糙米在 4 處倉庫貯藏期間初級害蟲之發生量

Table 1.　Number of primary stored-product pests trapped by light traps in four imported brown-rice storehouses

Species	Mean no. of pests/trap/two weeks			
	Cihtong no. 2	Linnei no. 7	Lioujia no. 4	Renwu no. 3-1
Rhyzopertha dominica	5.8 b*	32.5 b	1.9 b	0.3 ab
Sitophilus oryzae	0.3 b	0.5 b	1.3 b	0.1 b
Tribolium castaneum	3.7 b	2.0 b	2.0 b	---
Sitotroga cerealella	144.7 a	33.4 b	4.4 b	0.7 a
Cadra cautella	42.2 b	116.4 a	70.6 a	0.2 ab
Corcyra cephalonica	7.2 b	21.4 b	0.9 b	---

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Fisher's least significant difference test.

表二　以燈光誘引器調查進口糙米在 4 處倉庫貯藏期次級害蟲之發生量

Table 2.　Number of secondary stored-product pests trapped by four light traps in four imported brown-rice storehouses

Species	Mean no. of pests/trap/two weeks			
	Cihtong no. 2	Linnei no. 7	Lioujia no. 4	Renwu no. 3-1
Ahasverus advena	13.1 b*	2,229.0 b	2,437 b	1.1 b
Cryptolestes pusillus	2,853.0 a	5,691.0 a	1,864 b	0.2 b
Liposcelis divinatorius	5.7 b	593.0 b	35,514 a	90.3 a
Cryptophilus integer	2.6 b	40.6 b	---	---
Carpophilus dimidiatus	15.4 b	1.6 b	10 b	---
Corticaria constrictus	---	---	---	13.4 b

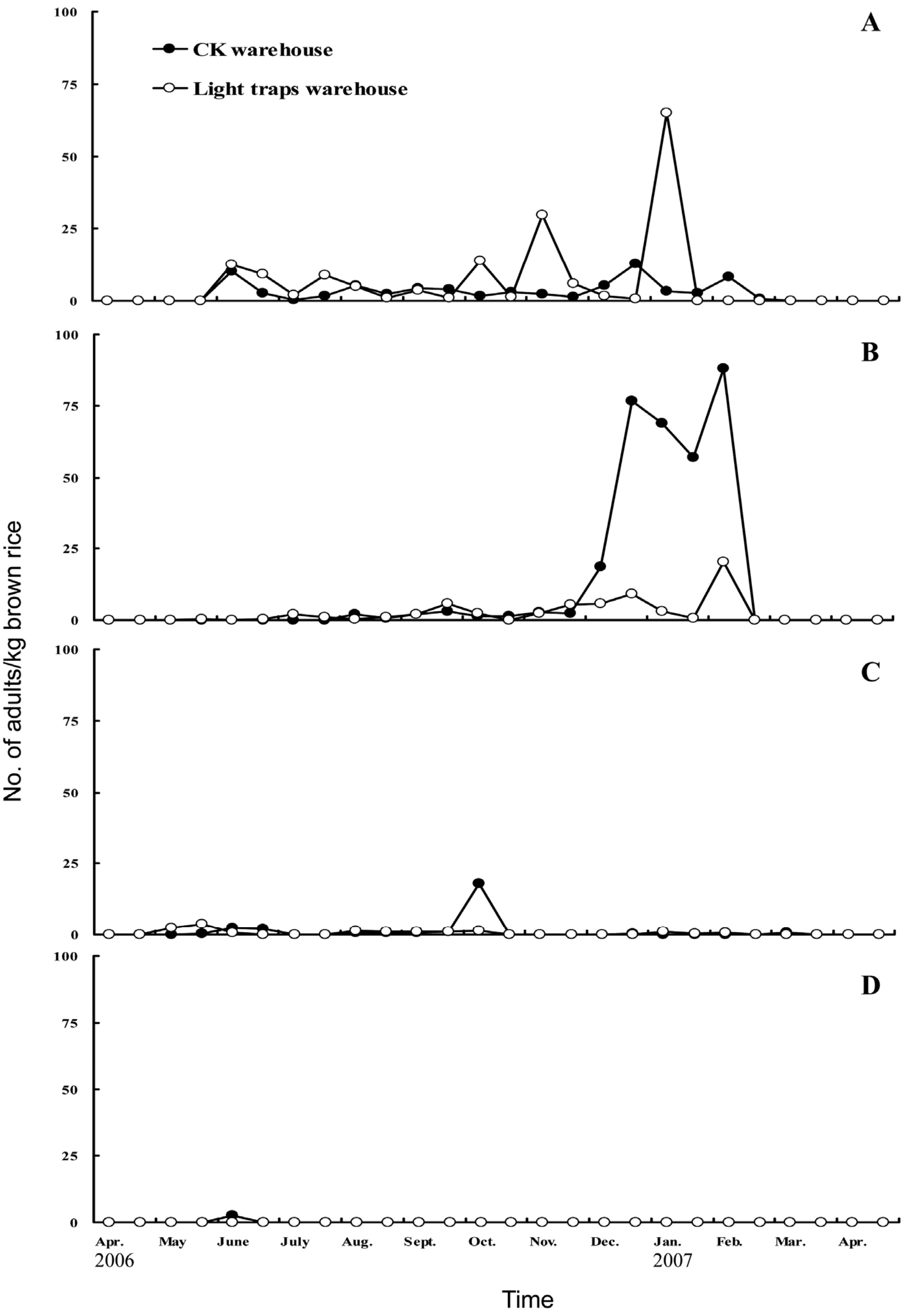
* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Fisher's least significant difference test.

到最高峰，誘蟲數達 651 隻 (圖一 C)；次級害蟲則於當年 5 月下旬 (貯藏 4 個月後) 數量逐漸增加，亦於當年 10 月達到最高峰，誘蟲數高達 390,508 隻，隨後因燻蒸處理蟲數歸零，同樣燻蒸處理一個月後蟲數同樣逐步增加，隔年 4 月又達到另一高峰，誘蟲數達 3,689 隻 (圖二 C)。仁武倉庫溫度控置於 15～18℃ 屬低溫倉，以燈光誘引器誘引之初級害蟲每月蟲數均少於 4 隻，確實有效抑制害蟲發生，無法看出明顯之害蟲消長變化 (圖一 D)。另次級害蟲發生量，則在當年 8 月後有逐漸上升趨勢，主要以茶蛀蟲爲主，其次爲縮頸姬薪蟲 (圖二 D)。

以倉內架設燈光誘引器調查莿桐等 4 處進口糙米倉庫貯藏期之主要發生期所調查到之初級害蟲進行統計分析如表一。結果顯示莿桐及仁武倉庫以麥蛾數量最高，與其他初級害蟲有顯著差異；林內及六甲倉庫則以粉斑螟蛾數量最多，且與其他害蟲有顯著差異。至於次級害蟲以燈光誘引器之調查結果分析如表二。結果顯示莿桐及林內倉庫以角胸粉扁蟲數量最高，與其他次級害蟲有顯著差異；六甲及仁武倉庫則以茶蛀蟲數量最多，且與其他害蟲有顯著差異。

進口糙米倉在袋內取樣調查之害蟲消長

莿桐等 4 倉進口糙米袋內初級害蟲消長之結果如圖三所示。莿桐農會架設燈具 2 號



圖三　糙米貯藏袋內取樣調查四處進口糙米倉內初級害蟲之密度消長。(A) 莿桐鄉農會；(B) 林內鄉農會；(C) 六甲鄉農會；(D) 仁武政府倉。

Fig. 3. Fluctuation of the population density of primary stored-product pests surveyed by sampling the storage bags in four imported brown-rice storehouses. (A) Cihtong; (B) Linnei; (C) Lioujia; (D) Renwu.

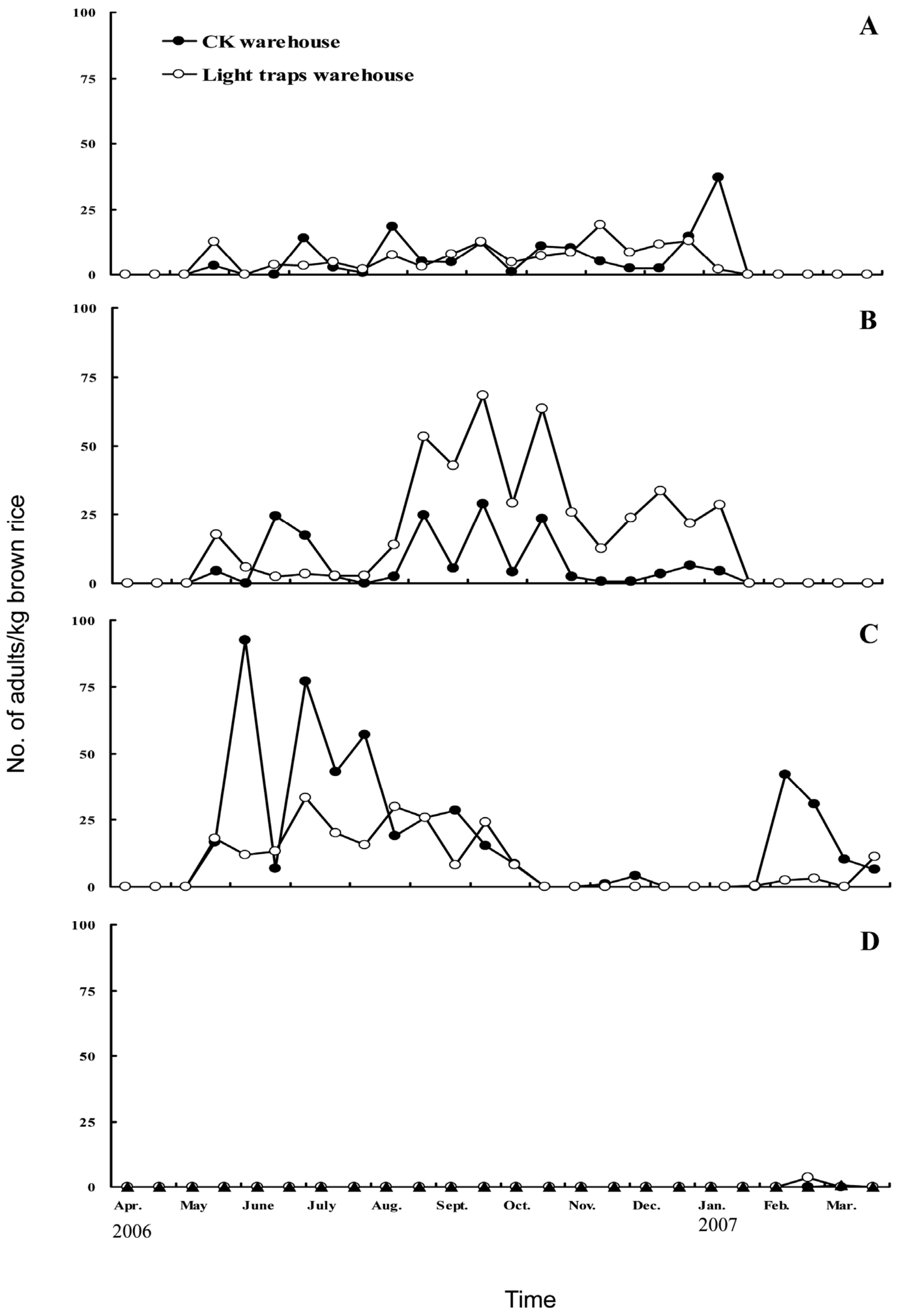
倉之初級害蟲發生，在當年 6 月蟲數逐漸增加，呈現多次波狀變動，蟲數於隔年 1 月最多，數量達每公斤 65 隻害蟲，於 2 月底因燻蒸處理，蟲數歸零。對照組無架設燈具 4 號倉之初級害蟲發生與架設燈具相似，但蟲數相對較少，最高峰時僅每公斤 13 隻 (圖三 A)。林內倉庫架設燈具之 7 號倉，於當年 7 月袋內逐漸發生蟲害，到 12 月底時數量最高，數量爲每公斤 9.2 隻。而對照組於當年 8 月袋內逐漸發生蟲害，到 12 月時數量快速增加，到隔年 2 月上旬達到最高，數量爲每公斤 88.3 隻，於 2 月底因燻蒸處理，蟲數歸零 (圖三 B)。六甲農會架設燈具之 4 號倉於當年 5 月袋內逐漸發生蟲害，於 5 月下旬調查之蟲數最高，達 3.7 隻，其他時間蟲數均不高。對照組之 3 號倉亦於當年 5 月袋內逐漸發生蟲害，於 10 月上旬調查之蟲數最高，達 18 隻 (圖三 C)。因當地同批號進口米貯藏倉 (六甲 5 號倉)，於當年 10 月下旬袋內害蟲密度達每公斤 42 隻 (資料未呈現於圖三)，因此六甲 3 倉庫均於當年 11 月上旬進行燻蒸。至於仁武倉庫因屬低溫倉，僅於對照組 2 號倉於 6 月上旬調查到害蟲，其他時間未發現害蟲發生 (圖三 D)。

莿桐等 4 倉進口糙米袋內次級害蟲消長情形顯示如圖四。莿桐農會架設燈具 2 號倉之次級害蟲發生，於當年 5 月逐漸增加，呈多次波狀變動，蟲數於隔年 1 月最多，數量達每公斤 37.1 隻害蟲，亦因燻蒸處理，蟲數歸零。對照組無架設燈具 4 號倉之初級害蟲發生與架設燈具相似，最高峰在 12 月上旬，達每公斤 18.9 隻 (圖四 A)。林內倉庫架設燈具之 7 號倉，於當年 5 月袋內逐漸發生蟲害，害蟲消長呈現波狀變動，於 10 月數量最高，爲每公斤 68.1 隻。而對照組於當年 5 月袋內逐漸發生蟲害，亦呈波狀變動，於 10 月時數量最高，爲每公斤 28.8 隻，於 2 月底因燻蒸處理，蟲數歸零 (圖四 B)。六甲農會架設燈具之 4 號倉於當年 5 月袋內逐漸發生蟲害，於 9 月調查之蟲數最高，達 25.7 隻，害蟲亦呈波狀變動，於當年 11 月上旬進行燻蒸後，於隔年 2 月蟲數有逐漸增加趨勢。對照組之 3 號倉亦於當年 5 月袋內逐漸發生蟲害，害蟲亦呈波狀變動，於 6 月調查之蟲數最高，達 92.6 隻 (圖四 C)。至於仁武倉庫因屬低溫倉，於隔年 2 月袋內才逐漸發現害蟲發 (圖四 D)，數量遠低於其他常溫倉。

莿桐等 4 倉進口糙米袋內初級害蟲進行分析比較，其結果顯示如表三。莿桐、林內及六甲倉庫 3 處均以米象爲最多，且與其他害蟲有顯著差異。仁武倉庫僅發現穀蠹及擬穀盜，蟲數甚少。另外，袋內次級害蟲經統計分析結果如表四。莿桐及林內倉庫均以角胸粉扁蟲最多，且與其他害蟲有顯著差異。六甲倉庫則以茶蛀蟲最多，且與其他害蟲有顯著差異。仁武倉庫則發現角胸粉扁蟲、鋸胸粉扁蟲及縮頸姬薪蟲，然而蟲數均甚少。

進口糙米倉之溫濕度變化

莿桐等 4 進口糙米倉之溫濕度調查結果如圖五。3 處常溫倉之溫度變化極爲類似，溫度介於 20.3～31.7℃。仁武倉庫則因爲低溫倉，溫度控制於 16.2～19.4℃ 之間，變化較少。4 倉之濕度變化則較大，其中莿桐與林內倉庫之濕度變化較類似，相對濕度介於 61.6～77.5% 之間。六甲倉庫相對濕度則介於 64.2～78.5% 之間，在貯藏 5 個月後 (6 月) 反而濕度有上升趨勢，到貯藏 10 個月後 (11 月) 才明顯下降。另外，仁武倉庫相對濕度則介於 56.3～74.1% 之間，貯藏 10 個月後 (11 月) 有上升趨勢。



圖四　糙米貯藏袋內取樣調查四處進口糙米倉內次級害蟲之密度消長。(A) 莿桐鄉農會；(B) 林內鄉農會；(C) 六甲鄉農會；(D) 仁武政府倉。

Fig. 4. Fluctuation of the population density of secondary stored-product pests surveyed by sampling the storage bags in four imported brown-rice storehouses. (A) Cihtong; (B) Linnei; (C) Lioujia; (D) Renwu.

表三　以穀袋內取樣方式調查 4 處倉庫在進口糙米貯藏期初級害蟲之發生量

Table 3. Number of primary stored-product pests in the imported brown rice by sampling from the storage bags in four storehouses

Species	Mean no. of pests/kg of imported brown rice			
	Cihtong no. 2	Linnei no. 7	Lioujia no. 4	Renwu no. 3-1
Rhyzopertha dominica	1.0 b*	0.2 b	0.1 b	0.1 a
Sitophilus oryzae	21.1 a	2.8 a	5.2 a	---
Tribolium castaneum	1.5 b	---	---	0.1 a
Cadra cautella	0.3 b	0.2 b	0.4 b	---

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Fisher's least significant difference test.

表四　以穀袋內取樣方式調查 4 處倉庫在進口糙米貯藏期次級害蟲之發生量

Table 4. Number of secondary stored-product pests in the imported brown rice by sampling from the storage bags in four storehouses

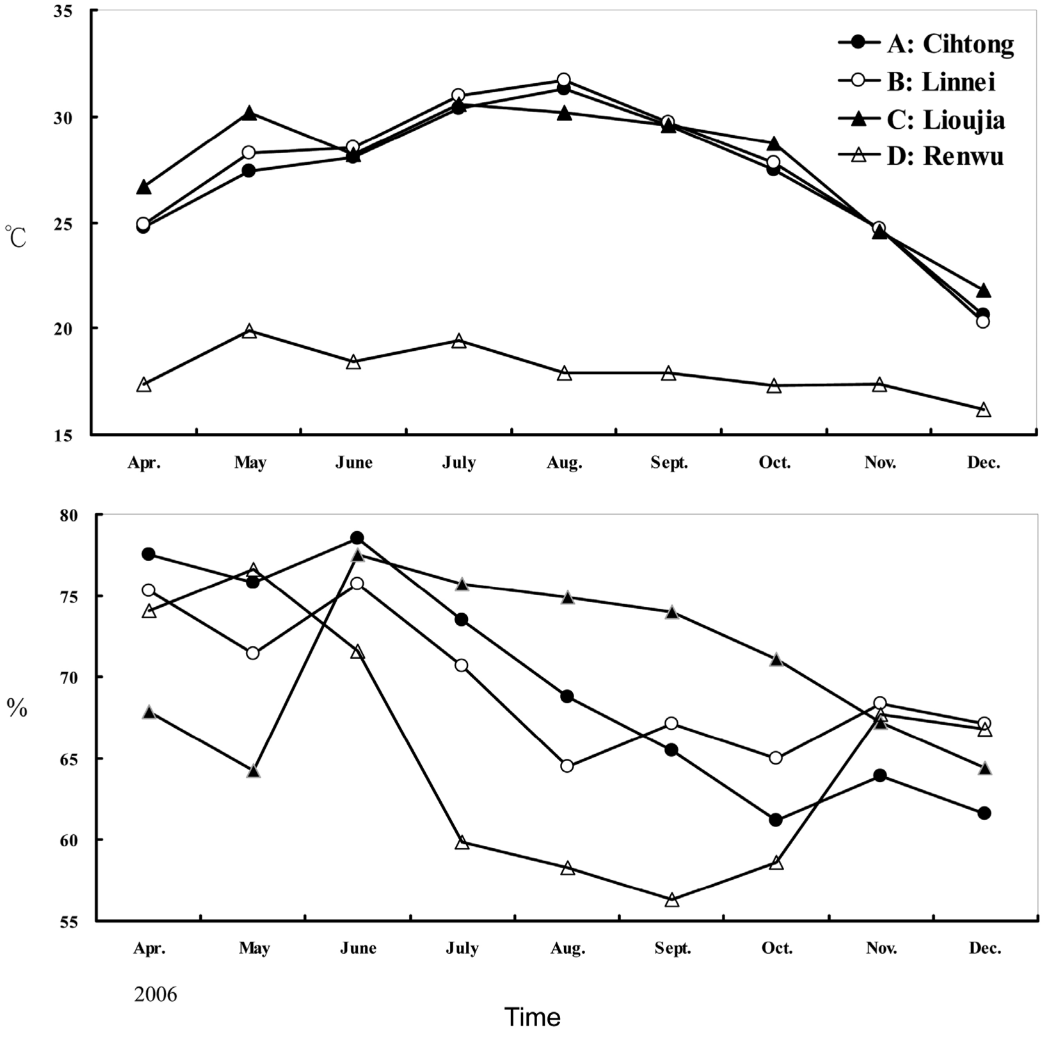
Species	Mean no. of pests/kg of imported brown rice			
	Cihtong no. 2	Linnei no. 7	Lioujia no. 4	Renwu no. 3-1
Ahasverus advena	0.6 b*	0.8 b	1.2 b	---
Cryptolestes pusillus	3.7 a	12.1 a	1.2 b	0.1 a
Oryzaephilus surinamensis	0.1 b	2.2 b	0.3 b	0.1 a
Liposcelis divinatorius	---	---	32.8 a	---
Corticaria constrictus	---	---	---	0.2 a

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Fisher's least significant difference test.

討　　論

在害蟲防治上，燈光誘引害蟲屬物理防治，主要利用部分害蟲趨光特性而加以誘引，以往較常應用於害蟲族群消長監測上 (Howe, 1957; Fletcher and Long, 1973; Papadopoulou and Buchelos, 2002; Yao *et al*., 2007, 2009b)。針對積穀害蟲之爲害程度及發生狀況，主要區分爲初級害蟲、次級害蟲及偶發性害蟲等 (Hsieh and Kao, 1978)。由此次以燈光誘引方式長期監測，發現莿桐等 3 處進口糙米常溫倉庫之初級害蟲以麥蛾、粉斑螟蛾與穀蠹被誘引的數量最多，而次級害蟲則以角胸粉扁蟲、背圓粉扁蟲及茶蛀蟲最多。但以袋內取樣之害蟲調查結果，主要發生之初級害蟲以米象最多，而次級害蟲則與燈光誘引之監測結果一致。顯示這兩種監測害蟲方式在初級害蟲之族群消長評估上會產生極大落差，需探討其差異原因並尋求改進方法，方能在未來害蟲監測上有較理想結果。

比較進口糙米倉之害蟲監測方式，燈光誘引之優點是全天候監測，缺點是僅能針對易受燈光誘引之害蟲種類；而袋內取樣之優點是直接取樣於穀物，缺點是當取樣點過少時，容易失真。由此次燈光調查結果顯示，在蟲相上除林內倉庫外，其它害蟲相幾乎一致，且與 Yao *et al.* (2009b) 在進口糙米倉之誘引害蟲相極爲相似。因林內倉庫因緊鄰稻穀倉，而稻穀倉最主要發生害蟲爲穀蠹，而影響林內倉庫之糙米倉受穀蠹影響亦高於其他倉庫，導致穀蠹的



圖五　四處進口糙米倉內溫濕度變化圖。(A) 莿桐鄉農會；(B) 林內鄉農會；(C) 六甲鄉農會；(D) 仁武政府倉。
Fig. 5. Temperature and relative humidity fluctuations in four imported brown-rice storehouses in 2006. (A) Cihtong; (B) Linnei; (C) Lioujia; (D) Renwu.

發生量較單一貯藏進口米之倉庫爲高。顯示同一批進口糙米之害蟲發生雖極相似，但仍受不同貯藏地點、周遭其他貯穀倉之環境及溫濕度之影響，在種類及數量上呈現差異。

以往黑光燈調查稻穀倉害蟲，主要以長首穀盜 (*Latheticus oryzae* Waterhouse)、穀蠹誘引數量最多 (Peng, 1984; Tzeng *et al*., 2006)；而 Yao *et al*. (2007) 在蒜球貯藏倉以燈光誘引器所誘得之害蟲，則以粉斑螟蛾及煙甲蟲 (*Lasioderma serricorne* (Fabricius)) 數量最多。綜合歷年之研究結果，較容易受燈光誘引種類包含有穀蠹、麥蛾、擬穀盜、粉斑

螟蛾、煙甲蟲、角胸粉扁蟲、背圓粉扁蟲及茶蛀蟲等，未來針對進口糙米之貯藏期間，若爲上述幾種害蟲發生時，利用燈光誘引將可達到有效誘殺防治效果。

燈光誘引器調查害蟲時，各倉米象之誘引數量均甚低，然而袋內取樣卻發現初級害蟲卻以米象數量居多，且是危害最嚴重之害蟲，顯示燈光誘引器無法有效吸引米象。從以往積穀害蟲基礎研究顯示，麥蛾及粉斑螟蛾之繁衍，成蟲均需在袋外交配 (Fadamiro and Baker, 2002; Rees, 2004)，之後將卵產於袋面外，卵孵化後幼蟲再次侵入袋內危害，此時燈光誘引器在成蟲交配期間，即能有效誘引對有趨光特性之害蟲。但米象成蟲在食物充足時，在袋內即能持續交配繁殖，無需飛出袋外交配，導致燈光誘引方式無法發揮功效。因此，未來若要以燈光誘引器來誘引米象，除必須開發對米象有誘引效果之波長的燈光誘引器外，可能還需配合性費洛蒙誘引劑 (Trematerra and Girgenti, 1989; Hodges *et al*., 1998; Bashir *et al*., 2003) 將米象誘引出來，再配合專一波長燈光誘引器，兩者特性相互結合，方可能有效發揮誘引效果。

蔴桐所調查之倉庫中，架設燈具之 2 號倉爲磚造老舊倉庫，其袋內之初級害蟲均較對照組 4 號倉發生嚴重，而 4 號倉屬鋼筋水泥倉，以往調查害蟲結果，亦有磚造倉庫發生較嚴重，可能是因倉庫類型而造成如此差異 (Yao and Lo, 1992)。另外，林內倉庫除試驗倉庫外，尚有其他倉庫貯藏稻穀，由燈光誘引器之穀蠹蟲數遠高於其他地區之調查蟲數，而袋內調查蟲數，穀蠹蟲數並未明顯增加，顯示燈光誘引器所誘得之穀蠹，極可能包括從週邊稻穀倉所誘引而來。六甲倉庫除試驗倉庫外，尚有 1、2 號倉亦貯藏進口糙米，其進倉時間約在 2004 年 11 月 30 日。試驗時該批進口糙米已貯藏超過 1 年，導致試驗倉庫之米象之危害較蔴桐及林內兩倉庫提早嚴重發生。

倉庫溫濕度對害蟲族群發生之消長影響，由結果顯示蔴桐、林內及六甲等 3 處常溫倉，在燈光誘引器之調查發現，初級害蟲均在貯藏 5 個月後 (約在 6 月份)，其袋內溫度均逐漸超過 25℃，可能導致害蟲快速繁殖發生，而產生害蟲高峰，而次級害蟲則於貯藏 9 個月後才發生害蟲高峰，可能因貯藏前期糙米受初級害蟲之危害後，而導致次級害蟲大發生之機會。另外，3 倉庫於 12 月時袋內溫度已接近 20℃，且相對濕度均低於 70%，而次級害蟲蟲數則明顯下降。因 Jacob (1996) 曾指出背圓粉扁蟲在低於 20℃ 或 70% 相對濕度以下時，均無法正常繁殖。由 3 個常溫倉之溫度變化，推測可能是導致這些次級害蟲遽然減少之原因。六甲倉庫次級害蟲中茶蛀蟲發生特別嚴重，因茶蛀蟲喜愛高溫高濕環境 (Knulle and Spadafora, 1969)，由六甲倉庫在貯藏五個月後其溫濕度均有上升趨勢，可能是導致茶蛀蟲大發生之原因之一。

仁武倉庫則有溫濕度控制，對各害蟲之發生均有明顯抑制效果；但由調查顯示其濕度在貯藏 10 個月後，反而有上升趨勢，此可能是導致茶蛀蟲及縮頸姬薪蟲之蟲數增加原因；而縮頸姬薪蟲爲台灣新紀錄種，在以往調查均未發生在其他穀物貯藏倉如稻穀倉、玉米倉等，顯示此蟲亦應爲境外侵入之生物種。此蟲喜好發生於低溫環境 (Odegaard, 1999)，而仁武倉庫爲獨立倉庫，並無貯藏其他穀物，以往亦無發現此蟲之紀錄，且另外三個常溫倉中，僅一次在蔴桐倉之燈光誘引調查中發現一隻，其他二倉亦未發現，是否高溫反而成爲此蟲發育之抑制因素，未來值得進一步探討。由仁武倉庫之燈光及袋內取樣之調查結果顯示，低溫貯藏確實能有效抑制大部分害蟲發生，但耐低溫

之茶蛀蟲及縮頸姬薪蟲亦可繁殖且數量逐漸增加，未來需留意耐低溫物種立足並大量發生。另外，低溫倉庫最常面臨之問題是高電費及壓縮機之維修問題，且建造低溫倉庫之成本過高，亦是低溫倉庫無法普遍之限制因子。

以往在糙米倉庫害蟲之調查顯示，鞘翅目主要以米象數量最多 (Hung and Hwang, 1992)，而鱗翅目害蟲則爲外米綴蛾 (*Corcyra cephalonica* (Stainton)) 及麥蛾發生較嚴重 (Kao and Tzeng, 1992)。此次調查鞘翅目仍以米象發生最嚴重，而以往常見之鱗翅目害蟲外米綴蛾及麥蛾，發生數量反而不多且不普遍，卻以粉斑螟蛾數量最多。另外，害蟲之蟲數調查，其變化常呈波動狀，主要因每次調查僅三重複，導致每次調查變異甚大；未來針對袋內取樣，爲避免此現象持續發生，應將取樣重複數提高，將可使變異降低。再者，調查中常見害蟲如米象、粉斑螟蛾等，在貯藏包中之危害常呈現散點狀，出入口發生反而較輕微現象；然而，若爲其他倉庫之害蟲移入，一般會呈現區塊狀發生或於出入口發生較嚴重。再由於刺桐、六甲及仁武倉庫，僅單純貯藏進口糙米，並無其他穀物貯藏，因此推測這些害蟲發生來源應屬境外移入之害蟲，在適合環境下逐漸繁殖造成大發生。

倉庫環境因子的變化常是影響害蟲是否大發生之影響因素，如有無溫濕度控制之常溫倉或低溫倉，又如磚造倉庫、鋼筋水泥、力霸式或集中型倉庫，因其倉庫構造差異，都可能影響害蟲發生，因此建立完整的倉庫環境因子資料，將有助於分析或判讀害蟲發生之趨勢。如以往進口糙米倉庫造成茶蛀蟲、腐食酪蟎大發生時，其相對濕度均有偏高趨勢。而當溫度愈高時，害蟲的生活史將縮短且繁殖率有增加趨勢，更亦造成害蟲大發生之契機；因此，若能藉由長期的溫濕度監測，將可建立未來害蟲之發生預測模式，對害蟲防治策略之擬定將能提供更佳之參考資訊。

以往進口糙米倉庫之害蟲防治，偏重於燻蒸方式，但過度運用單一化學防治常導致害蟲之抗藥性發生，本次監測之 3 個常溫倉，其袋內初級害蟲數達到每公斤 25 隻以上時，農糧署即啓動燻蒸防治機制。由燈光調查資料顯示，在燻蒸一個月後不論初級或次級害蟲均有逐漸再發生趨勢，造成害蟲再發生之因素，可能包含害蟲因燻蒸劑頻繁使用，逐漸篩選出抗藥性品系 (Sayaboc *et al*., 1998; Park *et al*., 2008)。另在燻蒸時，周遭環境若無同時進行害蟲防治處理，周遭之隱藏害蟲之蟲源亦即可能成爲貯藏倉庫害蟲再度發生之主因。利用燈光對昆蟲的影響，除誘引外亦可開發對昆蟲有忌避功能器具，阻絕害蟲之侵入。因此，未來針對主要積穀害蟲，逐一探討不同波長對害蟲之影響，可藉以開發出不同類型對害蟲有實際防治功效之器具。因燈光誘引或忌避，均屬物理防治技術，不會造成任何環境污染或產生抗藥性等問題。且針對不易被燈光誘引之害蟲如米象等，可結合費洛蒙誘引技術 (Athanassiou *et al*., 2006; Likhayo and Hodges, 2008)，使燈光誘引之監測能克服現有問題，方能成爲較精準之監測工具，並推廣應用於評估適當的害蟲防治時機。

誌　　謝

本研究進行期間承蒙農糧署劉安妮科長、蘇德明副分署長及陳坤龍技正等人多方協助，以及本組李錦霞小姐協助調查；文成後，復承本所應用動物組陳健忠博士不吝撥冗斧正，謹此一併致謝。本研究受農糧署計畫經費 (95 農基金-1.1-糧-05) 補助。

引用文獻

Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Trematerra P. 2006. Responses of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) to traps baited with pheromones and food volatiles. European J Entomol 103: 371-378.

Bashir TL, Birkinshaw A, Farman D, Hall DR, Hodges RJ. 2003. Pheromone release by *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in the laboratory: daily rhythm, inter-male variation and association with body weight and/or boring activity. J Stored Prod Res 39: 159-169.

Fadamiro HY, Baker TC. 2002. Pheromone puffs suppress mating by *Plodia interpunctella* and *Sitotroga cerealella* in an infested corn store. Entomol Exp Appl 102: 239-251.

Fletcher LW, Long JS. 1973. Evaluation of an electric grid light trap as a means of sampling populations of the cigarette beetle. Tobacco Sci 17: 37-39.

Howe RW. 1965. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. J Stored Prod Res 1: 177-184.

Hodges RJ, Hall DR, Mbugua JN, Likhayo PW. 1998. The responses of *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to pheromone and synthetic maize volatiles as lures in crevice and flight traps. Bull Entomol Res 88: 131-139.

Hsieh FK, Kao SS. 1978. Ecology of storage insects. pp 83-111. In: Chiu RJ (ed). Diseases and Insect Pests of Rice: Ecology and Epidemiology. Joint Commission on Rural Reconstruction Pub., Taipei. (in Chinese)

Hung CC, Hwang JS. 1992. Insect pests in rough rice and chaff stored in different kinds of bin in Taiwan. Chinese J Entomol 12: 269-276. (in Chinese)

Jacob TA. 1996. The effect of constant temperature and humidity on the development, longevity and productivity of *Ahasverus advena* (Waltl.) (Coleoptera: Silvanidae). J Stored Prod Res 32: 115-121.

Kao SS, Tzeng CC. 1992. A survey of the susceptibility of rice moth (*Corcyra cephalonica*) and angoumois moth (*Sitotroga cerealella*) to malathion and phoxim. Chinese J Entomol 12: 239-245. (in Chinese)

Knulle W, Spadafora RR. 1969. Water vapour sorption and humidity relationships in *Liposcelis* (Insecta: Psocoptera). J Stored Prod Res 5: 49-55.

Likhayo PW, Hodges RJ. 2000. Field monitoring *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) using refuge and flight traps baited with synthetic pheromone

and cracked wheat. J Stored Prod Res 36: 341-353.

Odegaard F. 1999. Invasive beetle species (Co1eoptera) associated with compost heaps in the Nordic countries. Norw J Entomol 46: 67-78.

Papadopoulou SC, Buchelos CT. 2002. Comparison of trapping efficacy for *Lasioderma serricorne* (F.) adults with electric, pheromone, food attractant and control-adhesive traps. J Stored Prod Res 38: 375-383.

Park BS, Lee BH, Kima TW, Renc YL, Lee SE. 2008. Proteomic evaluation of adults of *Rhyzopertha dominica* resistant to phosphine. Environ Toxicol Pharmacol 25: 121-126.

Peng WK. 1984. Population changes of stored-product insects in warehouses of bagged rice and the effect of phoxim treatment on the population suppression. Phytopathol Entomol NTU 11: 105-114.

Rees D. 2004. Insects of stored products. Collingwood: CSIRO Publ. 181 pp.

Sayaboc PD, Gibe AJG, Caliboso FM. 1998. Resistance of *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) to phosphine in the Philippines. Philipp Entomol 12: 91-95.

Trematerra P, Girgenti P. 1989. Influence of pheromone and food attractants on trapping of *Sitophilus oryzae* (L.) (Col., Curculionidae): a new trap. J Appl Entomol 108: 12-20.

Tzeng CC, Peng WK, Kao SS. 2006. Survey of insect populations in stored rice with blacklight-blue fluorescent light trap. Plant Prot Bull 48: 297-309. (in Chinese)

Yao MC, Lo KC. 1992. Insect species and population densities in stored japonica rice in Taiwan. Chinese J Entomol 12: 161-169. (in Chinese)

Yao MC, Lu KH, Wang YT, Lee CY. 2007. Population fluctuations of insect pests of garlic bulbs (*Allium sativum* L.) in storehouses monitored with light traps and yellow sticky cards. Plant Prot Bull 49: 171-185. (in Chinese)

Yao MC, Lee CY, Lu KH. 2009a. Survey and monitoring of insect and mite pests in imported rice. J Taiwan Agric Res 58: 17-30. (in Chinese)

Yao MC, Lee CY, Yang EC, Lu KH. 2009b. Varieties and population fluctuations of stored-product insects in various rice-storage facilities monitored with light traps. Formosan Entomol 29: 225-237. (in Chinese)

收件日期：2011 年 11 月 23 日
接受日期：2011 年 12 月 7 日

Application of Light Traps to Monitor Population Fluctuation of Stored-Product Pests in Imported Brown Rice Storehouses

Me-Chi Yao[1], Chi-Yang Lee[1], Hsiang-Wen Chiu[2], En-Cheng Yang[3], and Kuang-Hui Lu[4*]

[1] Applied Zoology Division, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung City 41362, Taiwan
[2] Agricultural Engineering Division, Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Wufeng, Taichung City 41362, Taiwan
[3] Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei City 10617, Taiwan
[4] Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung City 40227, Taiwan

ABSTRACT

Some stored-product pests can be trapped by light due to their positive phototactic behavior. In the present study, light traps were used for the long-term monitoring of stored-product pests in imported brown rice storage facilities. Only the storehouses storing the same batch of imported brown rice from the USA were investigated, and they were located in Linnei, Cihtong (Yunlin County), Liujia (Tainan City), and Renwu (Kaohsiung City). The results of light-trapping in the common storehouses in Linnei, Cihtong, and Liujia showed a similar level of primary and secondary pests, with the populations of the primary pests *Sitotroga cerealella*, *Rhyzopertha dominica*, and *Cadra cautella* reaching their peak in May and October, 2006, respectively. In addition, the secondary pests, *Cryptolestes pusillus*, *Ahasverus advena*, and *Liposcelis divinatorius* reached their peak between September and November, 2006. The storehouses in Renwu were maintained at 15 to 18°C, and the number of pests caught by light traps in these storage facilities was significantly lower, although the density of secondary pests, *L. divinatorius* and *Cartodere constricta*, started to increase gradually ten months after the rice was placed in storage. The survey also showed that in the common storehouses in three different townships the primary pest in the imported brown rice was *Sitophilus oryzae*, which was very different from the light-trapped results. Nevertheless, the make-up of the secondary pests when surveyed by two different methods were similar. Moreover, both these primary and secondary pests were rarely found in the rice storage bags of the low temperature storehouses in Renwu. These results indicate that using light traps to capture *S. cerealella*, *C. cautella*, *C. pusillus*, *A. advena*, and *L. divinatorius* is much more effective than it is for capturing *S. oryzae* in common storehouses. It is recommended that in the future, light traps be used to monitor the population fluctuation of stored-product pests in imported brown rice in common storage facilities.

Key words: stored-product pests, imported brown rice, light trap, *Sitophilus oryzae*, *Cadra cautella*

 * Corresponding email: khlu@dragon.nchu.edu.tw